

27

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-329305

(43)Date of publication of application : 15.11.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/65

G11B 5/667

G11B 5/84

(21)Application number : 2001-132839

(71)Applicant : SHOWA DENKO KK

(22)Date of filing : 27.04.2001

(72)Inventor : MOCHIZUKI NORIO

SHIMIZU KENJI

SAKAWAKI AKIRA

YO TERU

KOKUBU MASATO

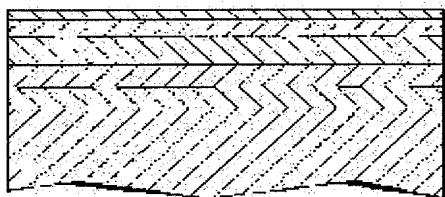
SAKAI HIROSHI

(54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM, METHOD OF MANUFACTURING FOR THE SAME AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic recording medium which is capable of improving thermal fluctuation characteristics without deteriorating output characteristics, noise characteristics, etc.

SOLUTION: A nonmagnetic substrate 1 is provided thereon with an orientation control film 3, a perpendicular magnetic film 4 and a protective film 5 and the orientation control film 3 contains Hf and $\Delta \theta 50$ of the orientation control film 3 is smaller than $\Delta \theta 50$ of the perpendicular magnetic film 4 and is specified to a range from 2 to 15° ; in addition, the reverse magnetic domain forming magnetic field of the perpendicular magnetic film 4 is specified to 0 to 2,500 (Oe).



1 : 非磁性基板
2 : 軟磁性下地膜
3 : 配向制御膜
4 : 垂直磁化膜
5 : 保護膜

* * NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]They are provided by an orientation controlling film which controls the stacking tendency of a film right above at least, a perpendicular magnetic film in which an easy axis mainly carried out orientation vertically to a substrate, and protective film on a nonmagnetic substrate, and an orientation controlling film, A magnetic recording medium, wherein $\Delta\theta_{50}$ of an orientation controlling film is smaller than $\Delta\theta_{50}$ of a perpendicular magnetic film, and is made into the range of 2 to 15 degrees and a reverse magnetic domain nucleation magnetic field of a perpendicular magnetic film is set to 0–2500 (Oe) including Hf.

[Claim 2]The magnetic recording medium according to claim 1, wherein an orientation controlling film is what consists of a Hf alloy containing one sort chosen from among Y, Ti, Zr, Nb, Ta, Rh, Au, aluminum, Cr, C, O, and N, or two sorts or more.

[Claim 3]The magnetic recording medium according to claim 1, wherein an orientation controlling film is what consists of a Hf alloy containing one sort chosen from among Si oxide, Zr oxide, a Ti oxide, an Al oxide, and B, or two sorts or more.

[Claim 4]It is a magnetic recording medium given in any 1 paragraph among claims 1–3, wherein a soft magnetism ground film which consists of soft magnetic materials is provided between a nonmagnetic substrate and an orientation controlling film.

[Claim 5]An orientation controlling film which controls the stacking tendency of a film right above at least on a nonmagnetic substrate.

A perpendicular magnetic film in which an easy axis mainly carried out orientation vertically to a substrate. A protective film.

It is a manufacturing method of a magnetic recording medium provided with the above, and including Hf, it is smaller than $\Delta\theta_{50}$ of a perpendicular magnetic film in $\Delta\theta_{50}$ of an orientation controlling film, and an orientation controlling film is made into the range of 2 to 15 degrees, and a reverse magnetic domain nucleation magnetic field of a perpendicular magnetic film is set to 0–2500 (Oe).

[Claim 6]An orientation controlling film which is provided with a magnetic recording medium and a magnetic head which carries out record reproduction of the information to this magnetic recording medium and in which a magnetic recording medium controls the stacking tendency of a film right above at least on a

nonmagnetic substrate, They are provided by a perpendicular magnetic film in which an easy axis mainly carried out orientation vertically to a substrate, and protective film, and an orientation controlling film, A magnetic recorder and reproducing device, wherein $\Delta\theta_{50}$ of an orientation controlling film is smaller than $\Delta\theta_{50}$ of a perpendicular magnetic film, and is made into the range of 2 to 15 degrees and a reverse magnetic domain nucleation magnetic field of a perpendicular magnetic film is set to 0–2500 (Oe) including Hf.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a magnetic recording medium, its manufacturing method, and the magnetic recorder and reproducing device that used this magnetic recording medium.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the field inner magnet mind recording medium in which the easy axis in a magnetic film mainly carried out orientation in parallel to the substrate is used widely. In a field inner magnet mind recording medium, although it is necessary to make a noise low for realizing high recording density-ization, since the volume of this particle will become small if diameter-ization of a granule of a magnetic particle is attained for noise reduction, it becomes easy to produce aggravation of the reproducing characteristics resulting from heat fluctuation. When storage density is raised, a medium noise may increase under the influence of the demagnetizing field in a recording bit boundary. On the other hand, the perpendicular magnetic recording medium, as for, the easy axis in a magnetic film mainly carried out orientation vertically to the substrate, Since a recording magnetic domain with small influence of the demagnetizing field in bit boundaries and a clear boundary is formed even when it high-recording-density-izes, big attention is attracted from the ability of the heat fluctuation characteristic and noise figure to be improved. As an example of a perpendicular magnetic recording medium, what was indicated by JP,60-214417,A and JP,63-211117,A can be mentioned. Co alloys, such as a CoCr alloy which can enlarge magnetic anisotropy, are usually used for the perpendicular magnetic film of a perpendicular magnetic recording medium. When a Co alloy magnetic film is directly formed on a nonmagnetic substrate, the crystal orientation of a magnetic film deteriorates, and since it becomes uneven [the particle diameter of a columnar crystal], the trial which raises the crystal orientation (C axis stacking tendency) of a magnetic film is made by providing a ground film between a nonmagnetic substrate and a perpendicular magnetic film. In order for the material which makes hexagonal-closest-packing structures, such as Ti, to tend to carry out orientation of the crystal to (0001), it is reported by by using this for a ground film that the stacking tendency of a Co alloy magnetic film is improvable. The perpendicular magnetic recording medium using the ground film containing Ti is indicated to IEEE Transactions on Magnetics MAG. and 19 (1983) 1644. The technique of improving C axis stacking tendency of Ti content ground film and a Co alloy magnetic film is proposed by JP,7-101495,B by providing the film which consists of Si, germanium, Sn, etc. under Ti content ground film. By making Ti content ground film contain other elements, to the patent No. 2669529 gazette, the compatibility of the lattice between a ground film and a Co alloy magnetic film is improved, and

the technique of raising C axis stacking tendency of a Co alloy magnetic film is proposed.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In recent years, in order to raise the magnetic properties of a perpendicular magnetic recording medium and to realize further high recording density-ization, it is requested that magnetic properties, such as output characteristics and noise figure, are raised. In order to acquire outstanding recording reproduction characteristics and noise figure, the minuteness making of the magnetic particle in a magnetic film, equalization, magnetic isolation, etc. are effective, but since a magnetic particle becomes small in this case, there is a problem to which the heat fluctuation characteristic falls easily. In light of the above-mentioned circumstances, an object of this invention is to provide the magnetic recording medium which can raise the heat fluctuation characteristic, its manufacturing method, and a magnetic recorder and reproducing device, without degrading output characteristics, noise figure, etc.

[0004]

[Means for Solving the Problem] As for an orientation controlling film, $\Delta\theta_{50}$ of an orientation controlling film is smaller than $\Delta\theta_{50}$ of a perpendicular magnetic film including Hf, and a magnetic recording medium of this invention is made into the range of 2 to 15 degrees, and a reverse magnetic domain nucleation magnetic field of a perpendicular magnetic film is set to 0–2500 (Oe). An orientation controlling film shall consist of a Hf alloy containing one sort chosen from among Y, Ti, Zr, Nb, Ta, Rh, Au, aluminum, Cr, C, O, and N, or two sorts or more. An orientation controlling film shall consist of a Hf alloy containing one sort chosen from among Si oxide, Zr oxide, a Ti oxide, an Al oxide, and B, or two sorts or more. Between a nonmagnetic substrate and an orientation controlling film, a soft magnetism ground film which consists of soft magnetic materials can also be provided. Including Hf, a manufacturing method of a magnetic recording medium of this invention is smaller than $\Delta\theta_{50}$ of a perpendicular magnetic film in $\Delta\theta_{50}$ of an orientation controlling film, and makes an orientation controlling film the range of 2 to 15 degrees, and sets a reverse magnetic domain nucleation magnetic field of a perpendicular magnetic film to 0–2500 (Oe). An orientation controlling film in which a magnetic recorder and reproducing device of this invention is provided with a magnetic recording medium and a magnetic head which carries out record reproduction of the information to this magnetic recording medium, and a magnetic recording medium controls the stacking tendency of a film right above at least on a nonmagnetic substrate, A perpendicular magnetic film in which an easy axis mainly carried out orientation vertically to a substrate, and a protective film are provided, Including Hf, as for an orientation controlling film, $\Delta\theta_{50}$ of an orientation controlling film is smaller than $\Delta\theta_{50}$ of a perpendicular magnetic film, and it is made into the range of 2 to 15 degrees, and a reverse magnetic domain nucleation magnetic field of a perpendicular magnetic film is set to 0–2500 (Oe).

[0005]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is a section lineblock diagram showing typically the composition of the magnetic recording medium which is the 1 embodiment of this invention. As shown in drawing 1, the soft magnetism ground film 2, the orientation controlling film 3, the perpendicular magnetic film 4, the protective film 5, and the lubricating film 6 are formed on the nonmagnetic substrate 1, and the magnetic recording medium of this embodiment is constituted. The aluminium alloy substrate, the glass substrates (glass ceramics, tempered glass, etc.), the ceramics board, the carbon board, silicon substrate, and silicon carbide substrate which have the NiP plating film generally used as a substrate for magnetic recording media as the

substrate 1 can be mentioned. The substrate which formed the NiP film by plating, a sputtering technique, etc. can be mentioned to these substrates. It is preferred for average-of-roughness-height R_a of the surface of the substrate 1 to be referred to as 0.01–2 nm (preferably 0.05–1.5 nm). Adsorption of a magnetic head to a medium and the magnetic head vibration at the time of record reproduction take place that surface average-of-roughness-height R_a is less than this range easily. If surface average-of-roughness-height R_a exceeds this range, the glide characteristic will become insufficient easily.

[0006] Since magnetization of the perpendicular magnetic film 4 is more firmly fixed in the direction vertical to the substrate 1, the soft magnetism ground film 2 is formed. as the soft magnetic materials which constitute the soft magnetism ground film 2 — Fe — more than 60at% — the Fe alloy to contain can be used. As this material, a FeCo system alloy (FeCo, FeCoV, etc.), A FeNi system alloy (FeNi, FeNiMo, FeNiCr, FeNiSi, etc.), A FeAl system alloy (FeAl, FeAlSi, FeAlSiCr, FeAlSiTiRu, etc.), FeCr system alloys (FeCr, FeCrTi, FeCrCu, etc.), FeTa system alloys (FeTa, FeTaC, etc.), a FeC system alloy, a FeN system alloy, a FeSi system alloy, a FeP system alloy, a FeNb system alloy, and a FeHf system alloy can be mentioned. The soft magnetism ground film 2 can be considered as the composition which consists of fine crystals, such as FeAlO, FeMgO, FeTaN, and FeZrN. This fine crystal can also have composition which has the granular structure distributed in the matrix. the soft magnetism ground film 2 — Co besides the above — more than 80at% — the Co alloy which contains and contains one sort or two sorts [or more] or more in Zr, Nb, Ta, Cr, Mo, etc. can be used. For example, CoZr, CoZrNb, CoZrTa, CoZrCr, CoZrMo, etc. can be mentioned as a suitable thing. The soft magnetism ground film 2 shall consist of an alloy which makes amorphous structure.

[0007] As for the soft magnetism ground film 2, it is preferred that the saturation magnetic flux density is more than 0.8T. A regenerative waveform is confused as saturation magnetic flux density is less than [0.8T], and there is a possibility that a noise may increase. Although it is preferred to make it as small as possible as for the coercive force of the soft magnetism ground film 2, if it is made smaller than 200 (Oe) and (15.8×10^3 A/m), sufficient magnetic properties can be acquired practical.

[0008] The thickness of the soft magnetism ground film 2 is suitably set up with the saturation magnetic flux density of the material which constitutes the soft magnetism ground film 2. Specifically, it is desirable for $B_s \cdot t$ (T·nm) which is a product of the saturation magnetic flux density B_s of the material which constitutes a soft magnetism ground film (T), and thickness [of the soft magnetism ground film 2] t (nm) to be 40 or more (preferably 60 or more T·nm) T·nm.

[0009] As for the surface (inside of drawing 1, upper surface) of the soft magnetism ground film 2, it is preferred that the material which constitutes the soft magnetism ground film 2 has oxidized selectively or thoroughly. As for the thickness of this oxidized part (oxidizing zone), it is preferred to be 0.1–nm or more referred to as less than 3 nm. The state where the soft magnetism ground film 2 oxidized can be checked by Auger electron spectroscopy, the SIMS method, etc. It can ask for the thickness of the oxidized part (oxidizing zone) of the soft magnetism ground film 2 surface, for example with the transmission electron microscope (TEM) photograph of a medium section.

[0010] The orientation controlling film 3 is a film provided in order to control the stacking tendency and crystal grain diameter of the perpendicular magnetic film 4 which are located right above. The material containing Hf is used for the orientation controlling film 3 in the magnetic recording medium of this embodiment. As a material of the orientation controlling film 3, Hf may be used and Hf alloy containing Hf

and other elements may be used.

[0011]What contains one sort chosen from among Y, Ti, Zr, Nb, Ta, Rh, Au, aluminum, Cr, C, O, and N or two sorts or more (henceforth an alloying element) as this Hf alloy can be mentioned. As an example of Hf alloy, Hf-Y, Hf-Ti, Hf-Zr, Hf-Nb, Hf-Ta, Hf-Rh, Hf-Au, Hf-aluminum, Hf-Cr, Hf-C, Hf-O, and Hf-N can be mentioned.

[0012]When using Hf alloy which contains one sort or two sorts or more in Y, Nb, Ta, Rh, and Au in the orientation controlling film 3, it is preferred for the content of the alloying element in the orientation controlling film 3 to consider it as 0.1 – 10at% (preferably 0.1 – 5at%). When using Hf alloy containing one sort or two sorts or more in Ti, Zr, aluminum, and Cr, it is preferred for the content of the alloying element in the orientation controlling film 3 to consider it as 0.1 – 50at% (preferably 0.1 – 30at%). When using Hf alloy containing C, it is preferred for the content of C in the orientation controlling film 3 to consider it as 0.1 – 30at% (preferably 0.1 – 15at%). When using Hf alloy which contains either at least among O and N, it is preferred for the content of the alloying element (O, N) in the orientation controlling film 3 to use less than 40at% (preferably 30at% less than). As for the content of O and N, it is preferred to use more than 1at%. When the content of an alloying element crosses a mentioned range, the stacking tendency of the orientation controlling film 3 gets worse, the stacking tendency of the perpendicular magnetic film 4 deteriorates, and an adverse effect may attain to output characteristics and noise figure.

[0013]Hf alloy containing one sort chosen from among Si oxide, Zr oxide, a Ti oxide, an Al oxide, and B or two sorts or more can also be used for the orientation controlling film 3. As an example of this Hf alloy, Hf-SiO₂, Hf-ZrO₂, Hf-TiO₂, and Hf-aluminum₂O₃ and Hf-B can be mentioned. In the orientation controlling film 3, it is preferred for the content of the above-mentioned material (Si oxide, Zr oxide, a Ti oxide, an Al oxide, one or more sorts among B) to consider it as 1 – 50at% (preferably 1 – 40at%). When this content crosses a mentioned range, the stacking tendency of the orientation controlling film 3 gets worse, the stacking tendency of the perpendicular magnetic film 4 deteriorates, and an adverse effect may attain to output characteristics and noise figure. The alloy which contains other elements in the range which does not worsen the crystal structure of the above-mentioned alloying element, an oxide, and not only B but the orientation controlling film 3 can also be used for the orientation controlling film 3.

[0014]In the magnetic recording medium of this embodiment, $\Delta\theta_{50}$ of the orientation controlling film 3 is smaller than $\Delta\theta_{50}$ of the perpendicular magnetic film 4, and let it be the range of 2 to 15 degrees (preferably 2 to 10 degrees). $\Delta\theta_{50}$ of the orientation controlling film 3 causes degradation of noise figure as it is less than a mentioned range. If $\Delta\theta_{50}$ crosses a mentioned range, resolution will fall. $\Delta\theta_{50}$ here shows inclination distribution of the crystal face of the film concerned, and, specifically, says the full width at half maximum of the locking curve about the specific orientation surface in a membrane surface. $\Delta\theta_{50}$ can be said for the crystal orientation of the film concerned to be high, so that a numerical value is small. In this embodiment, $\Delta\theta_{50}$ of the orientation controlling film 3 is related with the orientation surface (0002) of hcp structure.

[0015]Hereafter, the measuring method of $\Delta\theta_{50}$ is explained by making into an example the case where $\Delta\theta_{50}$ of the orientation controlling film 3 surface is measured.

(1) As shown in the peak position decision diagram 2, irradiate with the incident X ray 21 the disk D with which the orientation controlling film 3 was formed in the surface side, and the diffracted-X-ray detector 23

detects the diffracted X ray 22. The position of the detector 23 is set up so that the angle (angle of the diffracted X ray 22 to the extension wire 24 of the incident X ray 21) to the incident X ray 21 of the diffracted X ray 22 detected by this detector 23 may become [the twice to the disk D surface of the incident X ray 21], i.e., 2θ , the incidence angle θ . When irradiating with the incident X ray 21, while changing the incidence angle θ of the incident X ray 21 by changing direction of the disk D, Making it this interlocked with and making it change so that an angle [as opposed to the incident X ray 21 of the diffracted X ray 22 for the position of the detector 23] may maintain 2θ (namely, angle which is twice the incidence angle θ of the incident X ray 21). The θ - 2θ scanning which measures the intensity of the diffracted X ray 22 with the detector 23 is performed, the relation between θ and the intensity of the diffracted X ray 22 is investigated, and the position of the detector 23 that the intensity of the diffracted X ray 22 serves as the maximum is determined. The angle 2θ to the incident X ray 21 of the diffracted X ray 22 in this detector position is called $2\theta_{\text{max}}$. From obtained angle $2\theta_{\text{max}}$, a dominant crystal face can be known in the orientation controlling film 3 surface.

[0016](2) As shown in the decision diagram 3 of a locking curve, where the angle 2θ of the diffracted X ray 22 fixed the detector 23 to the position used as $2\theta_{\text{max}}$ and the detector 23 is fixed, By changing only direction of the disk D, the incidence angle θ of the incident X ray 21 is changed, and the locking curve which shows the relation between the incidence angle θ and the intensity of the diffracted X ray 22 detected by the detector 23 is created. Since the angle 2θ of the diffracted X ray 22 fixes the position of the detector 23 to the position used as $2\theta_{\text{max}}$, a locking curve expresses distribution of the inclination to the disk D side of the crystal face of the orientation controlling film 3 surface. Drawing 4 shows the example of a locking curve. In $\Delta\theta_{50}$, the full width at half maximum which shows the orientation surface concerned in this locking curve is said.

[0017]It is preferred for the thickness of the orientation controlling film 3 to be referred to as 50 nm or less (preferably 30 nm or less). If this thickness crosses a mentioned range, the particle diameter of a crystal grain will become large within the orientation controlling film 3, and it will become easy to make the magnetic particle in the perpendicular magnetic film 4 big and rough. Since the distance of the magnetic head and the soft magnetism ground film 2 at the time of record reproduction becomes large, the resolution of a regenerative signal falls and noise figure deteriorates, it is not desirable. As for the orientation controlling film 3, since the crystal orientation of the perpendicular magnetic film 4 will deteriorate if too thin, it is preferred to form so that thickness may be set to 0.1 nm or more. As for the orientation controlling film 3, it is preferred to take hcp structure.

[0018]The perpendicular magnetic film 4 is a magnetic film in which the easy axis mainly carried out orientation vertically to the substrate, and it is preferred to use a Co alloy for this perpendicular magnetic film 4. For example, the alloy which added one sort or two sorts or more of elements chosen as a CoCrPt alloy, CoPt alloys, or these alloys from Ta, Zr, Nb, Cu, Re, Ru, V, nickel, Mn, germanium, Si, B, O, N, etc. can be used.

[0019]The perpendicular magnetic film 4 can also be made into layer structure uniform to a thickness direction, and can also be made into the multilayer structure which laminated the layer which consists of transition metals (Co, Co alloy), and the layer which consists of the precious metals (Pt, Pd, etc.). When considering it as multilayer structure, the above-mentioned CoCrPt system alloy, a CoPt system alloy, etc.

can be used for the Co alloy used for a transition metal layer. In using a CoCrPt system alloy, in order to improve perpendicular magnetic anisotropy, it is more preferred to make Pt content into 8 – 24at%. As for precious-metals layer thickness, it is preferred to consider it as the range of 0.4–1.4 nm. If setting out of that thickness becomes difficult and becomes larger than 1.4 nm while the coercive force H_c and a reverse magnetic domain nucleation magnetic field will fall, if this thickness becomes smaller than 0.4 nm, coercive force will decline. It is preferred for the thickness of a transition metal layer to be referred to as 0.1 nm – 0.6 nm (preferably 0.1–0.4 nm). If this transition metal layer is too thin, while the coercive force H_c and a reverse magnetic domain nucleation magnetic field will fall, setting out of thickness becomes difficult, and if too thick, noise figure will get worse. In the multilayer-structure type perpendicular magnetic film 4, as for the bottom of the heap, although any are not cared about as the top layer among these transition metal layers and a precious-metals layer, it is preferred to consider it as a precious-metals layer. Although each of layer structure type perpendicular magnetic films which consist of the above-mentioned Co alloy, and multilayer-structure type perpendicular magnetic films turns into polycrystal membrane, in the magnetic recording medium of this invention, the perpendicular magnetic film of amorphous structure is also applicable. Specifically, the alloy containing rare earth elements, such as a TbFeCo system alloy, can be used.

[0020]As for the thickness of the perpendicular magnetic film 4, although what is necessary is just to optimize suitably by the target reproducing output, since in the case of which [of a layer structure type and a multilayer-structure type] the problem of that noise figure gets worse, resolution falling arises easily in being too thick, it is preferred that it is 3–100 nm. As for the perpendicular magnetic film 4, it is preferred that it is what makes hcp structure.

[0021]In this magnetic recording medium, the reverse magnetic domain nucleation magnetic field ($-H_n$) of the perpendicular magnetic film 4 is set to 0–2500 (Oe). If heat fluctuation tolerance falls that a reverse magnetic domain nucleation magnetic field ($-H_n$) is less than a mentioned range and a mentioned range is crossed, noise figure will deteriorate. As shown in drawing 5, a reverse magnetic domain nucleation magnetic field ($-H_n$) is a process in which an external magnetic field is decreased in a hysteresis curve (MH curve) from the state (numerals c) with which magnetization was saturated, and it can express with the distance (Oe) to the point b of starting flux reversal from the point a that an external magnetic field is set to 0. A reverse magnetic domain nucleation magnetic field ($-H_n$) takes a positive value, when the point b of starting flux reversal has an external magnetic field in the field used as negative (see drawing 5), and when the point b has an external magnetic field in the field used as positive conversely, it takes a negative value (see drawing 6). It is suitable for measurement of a reverse magnetic domain nucleation magnetic field ($-H_n$) to use a Kerr effect measuring device or an oscillating-type magnetic-properties measuring device.

[0022]The protective film 5 is for preventing damage to a medium surface, when a magnetic head contacts a medium, and securing the lubrication characteristic between a magnetic head and a medium while preventing the corrosion of the perpendicular magnetic film 4. It is possible to use a publicly known material conventionally, for example, it is usable in the single composition of C, SiO_2 , and ZrO_2 , or the thing which makes these the main ingredients and contains other elements. As for the thickness of the protective film 5, it is preferred to consider it as the range of 1–10 nm.

[0023]Publicly known lubricant, such as perfluoro polyether, fluorinated alcohol, and fluorination carboxylic

acid, can be used for the lubricating film 6. The kind and thickness can be suitably set up according to the characteristic of the protective film used or lubricant.

[0024]In order to manufacture the magnetic recording medium of the above-mentioned composition, on the substrate 1 shown in drawing 1, the soft magnetism ground film 2 is formed by a sputtering technique etc., it ranks second, oxidation treatment is performed to the surface of this soft magnetism film 2 if needed, and, subsequently the orientation controlling film 3 and the perpendicular magnetic film 4 are formed by a sputtering technique etc. one by one. Subsequently, after forming the protective film 5 by the sputtering technique, a CVD method, the ion beam method, etc., the lubricating film 6 is formed with a dip coating method, a spin coat method, etc.

[0025]When performing oxidation treatment to the surface of the soft magnetism ground film 2, after forming the soft magnetism ground film 2, the method of putting the soft magnetism ground film 2 to oxygen containing gas and the method of introducing oxygen into the process gas at the time of forming the portion near the surface of the soft magnetism ground film 2 can be taken. For example, the method of putting the surface of the soft magnetism ground film 2 to the gas, the atmosphere, and pure oxygen which diluted oxygen with rare gas, such as argon, about 0.1 to 30 seconds can be taken. Specifically, a desirable oxidation state can be acquired by putting the soft magnetism ground film 2 surface to the atmosphere of the oxygen gas pressure more than 10^{-3} Pa for 0.1 to 30 seconds to the degree of vacuum of $10^{-4} - 10^{-6}$ Pa. When putting the soft magnetism ground film 2 to oxygen containing gas, the degree of oxidation can be adjusted by setting up suitably the quantity of the oxygen to be used, and the exposure period to oxygen. In using the gas which diluted especially oxygen with rare gas, such as argon, adjustment of the degree of oxidation of the soft magnetism ground film 2 surface becomes easy. When introducing oxygen into the process gas for membrane formation of the soft magnetism ground film 2, the method of performing weld slag using the process gas which made a part of membrane formation time containing oxygen (for example, for 1 second before the end of membrane formation) can be taken, for example, using a sputtering technique as a forming-membranes method. As this process gas, the gas which mixed oxygen 0.05% – about 10% by the volume rate is suitably used for argon, for example. By scaling of this soft magnetism ground film 2, the magnetic fluctuation of the outermost surface of the soft magnetism ground film 2 can be suppressed, minuteness making of the crystal grain of the orientation controlling film 3 formed on the soft magnetism ground film 2 can be carried out, and the improvement effect of noise figure can be acquired. With the barrier layer function of the oxidized part of the soft magnetism ground film 2 surface, it can suppress that a staining substance moves to a medium surface from the soft magnetism ground film 2 or the nonmagnetic substrate 1, and generating of the corrosion of a medium surface can be suppressed.

[0026]When using Hf for the orientation controlling film 3, the orientation controlling film 3 can be formed by a sputtering technique using the target which consists of Hf(s). When using Hf alloy, the orientation controlling film 3 can be formed by a sputtering technique using the target which consists of this alloy. In using Hf alloy containing oxygen or nitrogen, The orientation controlling film 3 may be formed using the target which consists of a Hf alloy containing oxygen or nitrogen, and the orientation controlling film 3 may be formed using the process gas which contains oxygen or nitrogen using the target which consists of Hf or a Hf alloy. When using for the orientation controlling film 3 the above-mentioned oxide (Si oxide, Zr oxide, a Ti oxide, an Al oxide) and Hf alloy containing B, the orientation controlling film 3 can be formed using the

target which consists of this Hf alloy. The orientation controlling film 3 which consists of a Hf alloy containing the above-mentioned oxide can also be formed by using the process gas containing oxygen using the target which consists of Si, Zr, Ti, and a Hf alloy containing one sort or two sorts or more in aluminum.

[0027]When making the perpendicular magnetic film 4 into layer structure, the perpendicular magnetic film 4 can be formed using the target which consists of material which constitutes this perpendicular magnetic film 4. In making the perpendicular magnetic film 4 into the multilayer structure which consists of a transition metal layer and a precious-metals layer, The 1st target that consists of transition metals (Co, Co alloy), and the 2nd target that consists of the precious metals (Pt, Pd, etc.) are used by turns, and the perpendicular magnetic film 4 is constituted by carrying out the weld slag of the material of each target by turns.

[0028]A sputtering technique, and a CVD method and the ion beam method using the carbon target as a formation method of the protective film 5 can be used. By the reactive sputtering using the gas which contains oxygen as process gas using the target of RF weld slag using the target of SiO_2 or ZrO_2 or Si, or Zr. The method of forming the protective film 5 which consists of SiO_2 or ZrO_2 , etc. are applicable. In using a CVD method and the ion beam method, The protective film 5 with very high hardness can be formed, since it becomes possible to make the thickness small substantially compared with the protective film formed of the sputtering technique, spacing loss at the time of record reproduction can be made small, and high-density record reproduction can be performed.

[0029]The orientation controlling film 3 consists of material containing Hf in the magnetic recording medium of this embodiment, Since θ of the orientation controlling film 3 is smaller than θ of the perpendicular magnetic film 4, and is made into the range of 2 to 15 degrees and the reverse magnetic domain nucleation magnetic field ($-H_n$) of the perpendicular magnetic film 4 is set to 0–2500 (Oe), output characteristics and noise figure are improved and the heat fluctuation characteristic outstanding moreover is obtained.

[0030]It is possible that the reason outstanding magnetic properties are acquired is as being shown below by making the θ into a mentioned range, and making a reverse magnetic domain nucleation magnetic field ($-H_n$) into a mentioned range using the material which contains Hf in the orientation controlling film 3. That is, when θ of the orientation controlling film 3 is too small, the exchange interaction of magnetic particles becomes large and a noise increases. On the other hand, since coercive force distribution becomes large when θ of the orientation controlling film 3 is too large, degradation of resolution will break out. On the other hand, when θ of the orientation controlling film 3 is set as 2 to 15 degrees, the fall of coercive force or noise figure can be suppressed, using the stacking tendency of the perpendicular magnetic film 4 as good. Since magnetization becomes stable enough in the perpendicular magnetic film 4, the reverse magnetic domain nucleation magnetic field ($-H_n$) of the perpendicular magnetic film 4 comes to be set to 0–2500 which are positive values (Oe).

[0031]By using Hf for the orientation controlling film 3, it can be guessed that the reason outstanding magnetic properties are acquired is as follows. Since the grating constant of Hf (or Hf alloy) is large as compared with the Co alloy which constitutes the perpendicular magnetic film 4, the compatibility of the lattice to the perpendicular magnetic film 4 of the orientation controlling film 3 becomes low. For this reason, the perpendicular magnetic film 4 does not grow in epitaxial thoroughly to the orientation controlling film 3, but θ of the perpendicular magnetic film 4 becomes a bigger value than θ of the

orientation controlling film 3. Since crystal growth in the perpendicular magnetic film 4 is performed under the influence of the orientation controlling film 3 with the low compatibility of a lattice, in the perpendicular magnetic film 4, the direction of an easy axis becomes a little uneven. For this reason, the interaction (repulsive force) of magnetization becomes small, magnetization is stable, and the outstanding heat fluctuation characteristic is obtained.

[0032]When using for the orientation controlling film 3 Hf alloy containing Y, Ti, Zr, Nb, Ta, Rh, Au, aluminum, Cr, C, O, and N, the noise figure which stimulated formation of the grain boundary, carried out minuteness making of the crystal grain, and was excellent with the above-mentioned alloying elements (Y, Ti, etc.) can be acquired.

[0033]In using Si oxide, Zr oxide, a Ti oxide, an Al oxide, and Hf alloy containing B, Since it has the character in which neither these oxides (Si oxide etc.) nor B dissolves to Hf and the grain boundary layer in which the above-mentioned oxides (Si oxide etc.) and B carried out the segregation within the film becomes is easy to be formed when forming the orientation controlling film 3, minuteness making of the crystal grain is carried out. For this reason, improvement can be aimed at for noise figure.

[0034]According to the manufacturing method of the above-mentioned magnetic recording medium, Hf is included for the orientation controlling film 3, Since θ_{50} of the orientation controlling film 3 should be smaller than θ_{50} of the perpendicular magnetic film 4, and should be made into the range of 2 to 15 degrees and the reverse magnetic domain nucleation magnetic field of the perpendicular magnetic film 4 should be set to 0–2500 (Oe), The outstanding heat fluctuation characteristic can be obtained without worsening output characteristics and noise figure as above-mentioned.

[0035]As shown in drawing 7, in the magnetic recording medium of this invention, the orientation control ground film 7 can be formed between the soft magnetism ground film 2 and the orientation controlling film 3. As for the orientation control ground film 7, it is preferred to consist of material which makes B-2 structure. As a material which makes B-2 structure, what uses one sort or two sorts or more of alloys as the main ingredients among NiAl, FeAl, CoFe, CoZr, NiTi, AlCo, AlRu, and CoTi can be used. The material which added elements, such as Cr, Mo, Si, Mn, W, Nb, Ti, Zr, B, O, and N, can also be used for these alloys. When using the above-mentioned 2 element-system alloy (NiAl, FeAl, CoFe, CoZr, NiTi, AlCo, AlRu, CoTi), it is preferred to make into 40 – 60at% (preferably 45 – 55at%) each content of two ingredients which constitute this alloy. As for the thickness of the orientation control ground film 7, it is preferred to be referred to as 30 nm or less. If this thickness crosses a mentioned range, the distance of the perpendicular magnetic film 4 and the soft magnetism ground film 2 will become large, resolution will fall, and noise figure will deteriorate. As for the thickness of the orientation control ground film 7, it is preferred to be referred to as 0.1 nm or more. By forming the orientation control ground film 7, the crystal orientation disorder in the orientation controlling film 3 can be prevented now. Since the crystal grain diameter in the orientation control ground film 7 becomes small in using B-2 structural material especially, minuteness making of the crystal grain of the orientation controlling film 3 can be carried out.

[0036]As shown in drawing 8, in the magnetic recording medium of this invention, the nonmagnetic interlayer 8 which consists of non-magnetic materials can be formed between the orientation controlling film 3 and the perpendicular magnetic film 4. A Co alloy can be used for the nonmagnetic interlayer 8. As this Co alloy, the alloy which added to CoCr one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Nb, Ta, Cu besides

CoCr, Re, Ru, nickel, Mn, germanium, Si, O, N, and B can be used. The nonmagnetic Co alloy containing one sort or two sorts or more of elements chosen from Ta, Zr, Nb, Cu, Re, Ru, nickel, Mn, germanium, Si, O, N, and B and Co can also be used. Since resolution will fall and noise figure will get worse when the distance of the perpendicular magnetic film 4 and the soft magnetism ground film 2 becomes large if too thick, as for the nonmagnetic interlayer 8, it is preferred to be referred to as 20 nm or less, and it is more preferred to be referred to as 10 nm or less. By forming the nonmagnetic interlayer 8, the stacking tendency of the perpendicular magnetic film 4 can be raised, and coercive force can be heightened.

[0037]As shown in drawing 9, in the magnetic recording medium of this invention, the hard magnetism film 9 which consists of a hard magnetic material which has field inner magnet mind anisotropy, and the ground film 20 within a field can also be formed between the soft magnetism ground film 2 and the substrate 1. It is preferred to use the magnetic material which consists of an alloy of a transition metal and a rare earth element as a material used for the hard magnetism film 9, and it can specifically mention a CoCr alloy and a CoSm alloy. As for the hard magnetism film 9, it is preferred that the coercive force H_c is more than 1000 (Oe) (preferably more than 2000 (Oe)). the thickness of the hard magnetism film 9 shall be 20–150 nm (preferably 40–70 nm) — it is desirable. As for the hard magnetism film 9, in order that the soft magnetism ground film 2 may not form the magnetic domain wall of the substrate–radius direction, it is preferred that it is magnetized in the radiate direction from a substrate center, and the hard magnetism film and the soft magnetism ground film 2 are carrying out switched connection. It is preferred to use Cr or a Cr alloy for the ground film 20 within a field. As an example of the Cr alloy used for the ground film 20 within a field, the alloy of a CrMo system, a CrTi system, a CrW system, a CrMo system, a CrV system, a CrSi system, and a CrNb system can be mentioned.

[0038]By forming the hard magnetism film 9, generating of the spike noise by the huge magnetic domain which the soft magnetism ground film 2 forms can be prevented, it excels in an error rate characteristic, and the magnetic recording medium in which high density recording is possible can be obtained. This is based on the following reasons. Since [that coercive force is small] the soft magnetism ground film 2 has the changeable direction of magnetization, it forms a huge magnetic domain in the field inboard of the substrate 1. The magnetic domain wall which is a boundary of the magnetic domain in this soft magnetism ground film 2 may cause spike noise generating, and may become a factor which reduces the error rate of a magnetic recording medium. Switched connection of the hard magnetism film 9 and the soft magnetism ground film 2 is carried out, the magnetizing direction of the soft magnetism ground film 2 is compulsorily turned to substrate 1 radial direction, and it can avoid forming the above–mentioned huge magnetic domain by forming the hard magnetism film 9 between the soft magnetism ground film 2 and the substrate 1. For this reason, spike noise generating can be prevented.

[0039]Drawing 10 is a section lineblock diagram showing an example of the magnetic recorder and reproducing device concerning this invention. The magnetic recorder and reproducing device shown in this figure is provided with the following.

The magnetic recording medium 10 of the above–mentioned composition.

The medium actuator 11 which makes this magnetic recording medium 10 rotate.

The magnetic head 12 which performs record reproduction of information to the magnetic recording medium 10.

The head actuator 13 which makes the magnetic head 12 drive, and the record reproduction signal-processing system 14.

The record reproduction signal system 14 processes the inputted data, a record signal can be sent to the magnetic head 12, or can process the regenerative signal from the magnetic head 12, and can output data now.

[0040] A single magnetic pole head can be used as the magnetic head 12. Drawing 11 shows an example of a single magnetic pole head, and outline composition of the single magnetic pole head 12 is carried out from the magnetic pole 15 and the coil 16. The magnetic pole 15 is formed in the side view abbreviation U shape which has the main pole 17 with narrow width, and the broad auxiliary magnetic pole 18, and the main pole 17 can generate the magnetic field impressed to the perpendicular magnetic film 4 at the time of record, and it can detect now the magnetic flux from the perpendicular magnetic film 4 at the time of reproduction.

[0041] When performing record to the magnetic recording medium 10 using the single magnetic pole head 12, the magnetic flux emitted from the tip of the main pole 17 makes the perpendicular magnetic film 4 magnetize in the vertical direction to the substrate 1. Under the present circumstances, since the soft magnetism ground film 2 is formed in the magnetic recording medium 10, the magnetic flux from the main pole 17 of the single magnetic pole head 12 forms the closed magnetic circuit which results in the auxiliary magnetic pole 18 through the perpendicular magnetic film 4 and the soft magnetism ground film 2. By forming this closed magnetic circuit between the single magnetic pole head 12 and the magnetic recording medium 10, the increase of the efficiency of receipts and payments of magnetic flux and high-density record reproduction become possible. Although the magnetic flux between the main pole 17 and the soft magnetism film 2 becomes for reverse, the magnetic flux between the soft magnetism film 2 and the auxiliary magnetic pole 18, Since the area of the auxiliary magnetic pole 18 is large enough compared with the main pole 17, the magnetic flux density from the auxiliary magnetic pole 18 becomes small enough, and magnetization of the perpendicular magnetic film 4 is not influenced by the magnetic flux from this auxiliary magnetic pole 18. In this invention, the compound-die thin film magnetic-recording head which equipped things other than a single magnetic pole head, for example, a regenerating section, with the giant magnetoresistance (GMR) element can also be used as a magnetic head.

[0042] As for the magnetic recorder and reproducing device of this embodiment, the orientation controlling film 3 of the magnetic recording medium 10 contains Hf, Since $\Delta\theta_{50}$ of the orientation controlling film 3 is smaller than $\Delta\theta_{50}$ of the perpendicular magnetic film 4, and is made into the range of 2 to 15 degrees and the reverse magnetic domain nucleation magnetic field of the perpendicular magnetic film 4 is set to 0-2500 (Oe), as above-mentioned, output characteristics and noise figure can be improved and the heat fluctuation characteristic outstanding moreover can be obtained.

[0043]

[Example] Hereafter, an example is shown and the operation effect of this invention is clarified.

(Examples 1-21) The washed glass substrate 1 (made in Ohara, outer diameter of 2.5 inches) is accommodated in the film forming chamber of DC magnetron sputtering equipment (Anelva CORP. make C-3010), After exhausting the inside of a film forming chamber until it was set to ultimate-vacuum 1×10^{-5} Pa, the soft magnetism ground film 2 (100 nm in thickness) which consists of 89at%Co-4at%Zr-7at%Nb by 100 ** temperature conditions was formed by the sputtering technique on this glass substrate 1. Subsequently,

the orientation controlling film 3 which consists of Hf or a Hf alloy was formed by the sputtering technique on the soft magnetism ground film 2 by 200 °C temperature conditions. as a Hf alloy, an alloying element (one sort among Y, Ti, Zr, Nb, Ta, Rh, Au, aluminum, Cr, C, O, and N), an oxide (one sort among Si oxide, Zr oxide, a Ti oxide, and an Al oxide), and B are included — it used. An alloying element, an oxide, and content of B were carried out as shown in Table 1 (inside of Table 1, content). Subsequently, the perpendicular magnetic film 4 (30 nm in thickness) which consists of 68at%Co-16at%Cr-14at%Pt-2at%B was formed. In the above-mentioned sputtering process, membranes were formed with the gas pressure of 0.5 Pa, using argon as process gas for membrane formation. Subsequently, the carbon protective film 5 (5 nm in thickness) was formed with the CVD method. Subsequently, with the dip coating method, the lubricating film 6 (2 nm in thickness) which consists of perfluoro polyether was formed, and the magnetic recording medium was obtained.

[0044](Comparative examples 1-3) To the orientation controlling film, the magnetic recording medium was produced using the material shown in Table 1.

[0045](Comparative example 4) The temperature conditions at the time of forming an orientation controlling film were 290 °C, and the magnetic recording medium was produced.

[0046] $\Delta\theta_{50}$ of the orientation controlling film 3 of each magnetic recording medium and the perpendicular magnetic film 4 was measured with the X-ray diffraction method. A measurement result is shown in Table 1. The magnetic properties of each magnetic recording medium were measured using read/write analyzer RWA1632 by GUZIK, and spin stand S1701MP. In evaluation of magnetic properties, SNR_m was measured on condition of linear recording density 10kFCI (S_0) and 600kFCI (N), using a single magnetic pole head as a magnetic head. S_0 means a solitary wave form output and N means the noise in linear recording density 600kFCI. The reproduced output signal was measured on condition of 100kFCI. A test result is shown in Table 1. H_c shows the coercive force at the time of making a magnetic recording medium magnetize in the vertical direction to the substrate 1.

[0047]

[Table 1]

	配向制御膜				配向 制御膜 $\Delta \theta 50$ (度)	磁性膜 $\Delta \theta 50$ (度)	-H _n (Oe)	H _c (Oe)	再生 出力 (mV)	SNR _m (dB)
	構成材料	含有 率 (at%)	厚さ (nm)	温度 条件 (°C)						
実施例1	Hf	—	5	200	5.2	6.4	594	3774	2.40	17.32
実施例2	Hf-Y	3	5	200	3.5	4.8	958	3996	2.71	17.70
実施例3	Hf-Ti	20	5	200	3.4	4.8	1859	3966	2.96	18.03
実施例4	Hf-Ti	20	70	200	5.7	6.7	381	3765	2.61	16.77
実施例5	Hf-Zr	20	5	200	3.4	4.5	1470	4187	2.73	17.68
実施例6	Hf-Nb	3	5	200	3.0	4.9	2096	3945	2.88	17.54
実施例7	Hf-Nb	15	5	200	5.5	6.3	652	3501	2.65	16.35
実施例8	Hf-Ta	5	5	200	3.6	4.1	873	4043	2.96	17.70
実施例9	Hf-Rh	3	5	200	4.1	5.2	991	3948	2.73	17.60
実施例10	Hf-Au	5	5	200	3.8	5.4	1085	3900	2.99	17.61
実施例11	Hf-Al	20	5	200	3.2	4.3	1067	4087	2.94	17.58
実施例12	Hf-Cr	10	5	200	3.9	5.6	850	4250	2.76	18.21
実施例13	Hf-Cr	20	5	200	5.9	6.8	480	3728	2.58	16.81
実施例14	Hf-C	10	5	200	3.6	5.4	1213	4231	2.97	17.73
実施例15	Hf-O	10	5	200	4.5	6.0	2182	4156	2.63	18.05
実施例16	Hf-N	10	5	200	4.3	5.9	1544	4262	2.83	17.72
実施例17	Hf-SiO ₂	20	5	200	4.4	5.7	2609	4018	2.62	17.99
実施例18	Hf-ZrO ₂	20	5	200	4.1	5.5	2479	4016	2.66	17.98
実施例19	Hf-TiO ₂	20	5	200	3.9	5.0	1273	4290	2.90	17.83
実施例20	Hf-Al ₂ O ₃	20	5	200	4.6	5.4	2482	4021	2.56	17.86
実施例21	Hf-B	10	5	200	3.7	5.6	1364	4250	2.95	17.6
比較例1	Ti	—	5	200	6.7	6.5	-543	3091	2.15	14.66
比較例2	C	—	5	200	7.8	7.3	-655	1294	2.01	10.49
比較例3	Ni	—	5	200	6.9	6.2	-380	1066	2.19	11.01
比較例4	Hf	—	5	290	17.3	18.6	-557	1002	1.16	10.18

[0048] Table 1 shows that used Hf or Hf alloy for the orientation controlling film 3, and the result of having excelled in the orientation controlling film 3 about coercive force, a reproducing output, and SNR compared with the comparative example using other materials was obtained in the example which made $\Delta\theta_{50}$ 2 to 15 degrees. In the example which made thickness of the orientation controlling film 3 the range of 50 nm or less, the result of having excelled about a reproducing output or SNR was obtained compared with the example which set up thickness out of this range.

[0049]

[Effect of the Invention] If it is in the magnetic recording medium of this invention as explained above, The outstanding heat fluctuation characteristic is obtained without worsening output characteristics and noise figure, since $\Delta\theta_{50}$ of an orientation controlling film is smaller than $\Delta\theta_{50}$ of a perpendicular magnetic film as for an orientation controlling film, and it is made into the range of 2 to 15 degrees including Hf and the reverse magnetic domain nucleation magnetic field of the perpendicular magnetic film is set to 0–2500 (Oe).

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] a 1st embodiment of the magnetic recording medium of this invention is shown — it is a sectional view in part.

[Drawing 2] It is an explanatory view explaining the measuring method of $\Delta\theta_{50}$.

[Drawing 3] It is an explanatory view explaining the measuring method of $\Delta\theta_{50}$.

[Drawing 4] It is a graph which shows an example of a locking curve.

[Drawing 5] It is a graph which shows an example of a hysteresis curve.

[Drawing 6] It is a graph which shows other examples of a hysteresis curve.

[Drawing 7] other embodiments of the magnetic recording medium of this invention are shown -- it is a sectional view in part.

[Drawing 8] other embodiments of the magnetic recording medium of this invention are shown -- it is a sectional view in part.

[Drawing 9] other embodiments of the magnetic recording medium of this invention are shown -- it is a sectional view in part.

[Drawing 10] It is an outline lineblock diagram showing an example of the magnetic recorder and reproducing device of this invention.

[Drawing 11] It is a lineblock diagram showing an example of the magnetic head used for the magnetic recorder and reproducing device shown in drawing 10.

[Description of Notations]

1 [-- A perpendicular magnetic film, 5 / -- A protective film, 10 / -- A magnetic recording medium, 12 / -- Magnetic head] -- A nonmagnetic substrate, 2 -- A soft magnetism ground film, 3 -- An orientation controlling film, 4

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-329305
(P2002-329305A)

(43) 公開日 平成14年11月15日 (2002. 11. 15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 1 1 B	5/65	G 1 1 B	5 D 0 0 6
	5/667		5 D 1 1 2
	5/84	5/84	Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-132839 (P2001-132839)

(22) 出願日 平成13年4月27日 (2001. 4. 27)

(71) 出願人 000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門1丁目13番9号

(72) 発明者 望月 寛夫

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電
工エイチ・ディー株式会社内

(72) 発明者 清水 謙治

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電
工エイチ・ディー株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外6名)

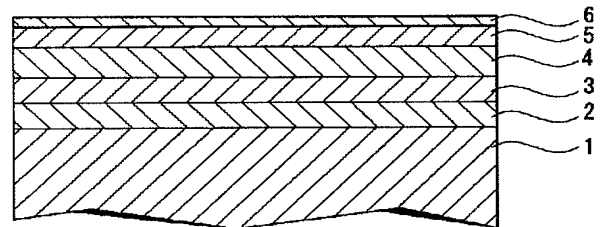
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 出力特性やノイズ特性などを劣化させることなく、熱揺らぎ特性を向上させることができる磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 非磁性基板1上に、配向制御膜3と、垂直磁性膜4と、保護膜5とが設けられ、配向制御膜3がHfを含み、配向制御膜3の $\Delta\theta_{50}$ が、垂直磁性膜4の $\Delta\theta_{50}$ より小さく、かつ2~15度の範囲とされ、垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界が0~2500 (Oe)とされている。



1 ; 非磁性基板
2 ; 軟磁性下地膜
3 ; 配向制御膜
4 ; 垂直磁性膜
5 ; 保護膜

【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に、少なくとも直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、

配向制御膜は、Hfを含み、

配向制御膜の $\Delta\theta_{50}$ が、垂直磁性膜の $\Delta\theta_{50}$ より小さく、かつ $2\sim 15$ 度の範囲とされ、

垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界が $0\sim 2500$ (Oe)とされていることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 配向制御膜は、Y、Ti、Zr、Nb、Ta、Rh、Au、Al、Cr、C、O、Nのうちから選ばれる1種または2種以上を含むHf合金からなるものであることを特徴とする請求項1記載の磁気記録媒体。

【請求項3】 配向制御膜は、Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物、Bのうちから選ばれる1種または2種以上を含むHf合金からなるものであることを特徴とする請求項1記載の磁気記録媒体。

【請求項4】 非磁性基板と配向制御膜との間に、軟磁性材料からなる軟磁性下地膜が設けられていることを特徴とする請求項1～3のうちいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 非磁性基板上に、少なくとも直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設ける磁気記録媒体の製造方法であって、配向制御膜を、Hfを含むものとし、配向制御膜の $\Delta\theta_{50}$ を、垂直磁性膜の $\Delta\theta_{50}$ より小さく、かつ $2\sim 15$ 度の範囲とし、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界を $0\sim 2500$ (Oe)とすることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項6】 磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備え、磁気記録媒体が、非磁性基板上に、少なくとも直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、配向制御膜は、Hfを含み、配向制御膜の $\Delta\theta_{50}$ が、垂直磁性膜の $\Delta\theta_{50}$ より小さく、かつ $2\sim 15$ 度の範囲とされ、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界が $0\sim 2500$ (Oe)とされていることを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気記録媒体、その製造方法、およびこの磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板

に対し平行に配向した面内磁気記録媒体が広く用いられている。面内磁気記録媒体において、高記録密度化を実現するにはノイズを低くすることが必要となるが、ノイズ低減のため磁性粒子の小粒径化を図ると、この粒子の体積が小さくなるため、熱揺らぎに起因する再生特性の悪化が生じやすくなる。また記録密度を高めた際に、記録ビット境界での反磁界の影響により媒体ノイズが増加することがある。これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板に対し垂直に配向した垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した場合でも、ビット境界での反磁界の影響が小さく、境界が鮮明な記録磁区が形成されるため、熱揺らぎ特性およびノイズ特性を高めることができることから、大きな注目を集めている。垂直磁気記録媒体の例としては、特開昭60-214417号公報、特開昭63-211117号公報に開示されたものを挙げることができる。垂直磁気記録媒体の垂直磁性膜には、通常、磁気異方性を大きくできるCoCr合金などのCo合金が用いられる。非磁性基板上に直接Co合金磁性膜を形成した場合、磁性膜の結晶配向性が劣化し、柱状結晶の粒径も不均一となるため、非磁性基板と垂直磁性膜との間に下地膜を設けることによって、磁性膜の結晶配向性(C軸配向性)を向上させる試みがなされている。Ti等の六方最密充填構造をなす材料は、結晶が(0001)に配向しやすいため、これを下地膜に用いることによって、Co合金磁性膜の配向性を改善することができると報告されている。Tiを含む下地膜を用いた垂直磁気記録媒体に関しては、IEEE Transactions on Magnetics MAG., 19(1983)1644に記載されている。特公平7-101495号公報には、Ti含有下地膜の下にSi、Ge、Snなどからなる膜を設けることにより、Ti含有下地膜とCo合金磁性膜のC軸配向性を高める手法が提案されている。また特許第2669529号公報には、Ti含有下地膜に他の元素を含有させることにより、下地膜とCo合金磁性膜との間の格子の整合性を高め、Co合金磁性膜のC軸配向性を向上させる手法が提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 近年では、垂直磁気記録媒体の磁気特性を向上させ、さらなる高記録密度化を実現するため、出力特性、ノイズ特性などの磁気特性を向上させることが要望されている。優れた記録再生特性やノイズ特性を得るには、磁性膜中の磁性粒子の微細化、均一化、磁氣的孤立化などが有効であるが、この場合には、磁性粒子が小さくなるため、熱揺らぎ特性が低下しやすい問題がある。本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、出力特性やノイズ特性などを劣化させることなく、熱揺らぎ特性を向上させることができる磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気記録媒体は、配向制御膜がHfを含み、配向制御膜の $\Delta\theta 50$ が、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2～15度の範囲とされ、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界が0～2500 (Oe)とされていることを特徴とする。配向制御膜は、Y、Ti、Zr、Nb、Ta、Rh、Au、Al、Cr、C、O、Nのうちから選ばれる1種または2種以上を含むHf合金からなるものとする。配向制御膜は、Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物、Bのうちから選ばれる1種または2種以上を含むHf合金からなるものとする。非磁性基板と配向制御膜との間には、軟磁性材料からなる軟磁性下地膜を設けることもできる。本発明の磁気記録媒体の製造方法は、配向制御膜を、Hfを含むものとし、配向制御膜の $\Delta\theta 50$ を、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2～15度の範囲とし、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界を0～2500 (Oe)とすることを特徴とする。本発明の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備え、磁気記録媒体が、非磁性基板上に、少なくとも直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、配向制御膜がHfを含み、配向制御膜の $\Delta\theta 50$ が、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2～15度の範囲とされ、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界が0～2500 (Oe)とされていることを特徴とする。

【0005】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施の形態である磁気記録媒体の構成を模式的に示す断面構成図である。図1に示すように、本実施形態の磁気記録媒体は、非磁性基板1上に軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、垂直磁性膜4と、保護膜5と、潤滑膜6とが設けられて構成されている。基板1としては、磁気記録媒体用基板として一般に用いられているNiPメッキ膜を有するアルミニウム合金基板、ガラス基板（結晶化ガラス、強化ガラス等）、セラミックス基板、カーボン基板、シリコン基板、シリコンカーバイド基板を挙げることができる。またこれらの基板にNiP膜をメッキ法やスパッタ法などにより形成した基板を挙げることができる。基板1の表面の平均粗さRaは、0.01～2nm（好ましくは0.05～1.5nm）とするのが好適である。表面平均粗さRaがこの範囲未満であると、媒体への磁気ヘッドの吸着や、記録再生時の磁気ヘッド振動が起りやすくなる。また表面平均粗さRaがこの範囲を越えるとグライド特性が不十分となりやすい。

【0006】軟磁性下地膜2は、垂直磁性膜4の磁化をより強固に基板1と垂直な方向に固定するために設けられているものである。軟磁性下地膜2を構成する軟磁性材料としては、Feを60at%以上含有するFe合金を用いることができる。この材料としては、FeCo系

合金（FeCo、FeCoVなど）、FeNi系合金（FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど）、FeAl系合金（FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRuなど）、FeCr系合金（FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど）、FeTa系合金（FeTa、FeTaCなど）、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNb系合金、FeHf系合金を挙げることができる。軟磁性下地膜2は、FeAlO、FeMgO、FeTaN、FeZrNなどの微細結晶からなる構成とすることができる。またこの微細結晶がマトリクス中に分散されたグラニューラ構造を有する構成とすることもできる。軟磁性下地膜2には、上記のほかCoを80at%以上含有し、かつZr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち1種または2種以上を含有するCo合金を用いることができる。例えば、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMoなどを好適なものとして挙げることができる。また、軟磁性下地膜2は、アモルファス構造をなす合金からなるものとすることもできる。

【0007】軟磁性下地膜2は、その飽和磁束密度が0.8T以上であることが好ましい。飽和磁束密度が0.8T未満であると、再生波形が乱れ、ノイズが増加するおそれがある。また、軟磁性下地膜2の保磁力は可能な限り小さくすることが好ましいが、実用的には、200 (Oe) ($15.8 \times 10^3 \text{ A/m}$) より小さくすれば十分な磁気特性を得ることができる。

【0008】軟磁性下地膜2の厚さは、軟磁性下地膜2を構成する材料の飽和磁束密度によって適宜設定される。具体的には、軟磁性下地膜を構成する材料の飽和磁束密度Bs (T)と、軟磁性下地膜2の膜厚t (nm)の積であるBs・t (T・nm)が、40T・nm以上（好ましくは60T・nm以上）であることが望ましい。

【0009】軟磁性下地膜2の表面（図1中、上面）は、軟磁性下地膜2を構成する材料が部分的または完全に酸化されていることが好ましい。この酸化部分（酸化層）の厚さは0.1nm以上3nm未満とするのが好ましい。軟磁性下地膜2が酸化された状態はオージェ電子分光法、SIMS法などにより確認することができる。また軟磁性下地膜2表面の酸化部分（酸化層）の厚さは、例えば媒体断面の透過型電子顕微鏡（TEM）写真により求めることができる。

【0010】配向制御膜3は、直上に位置する垂直磁性膜4の配向性や結晶粒径を制御するために設けられた膜である。本実施形態の磁気記録媒体において、配向制御膜3には、Hfを含む材料が用いられている。配向制御膜3の材料としては、Hfを用いてもよいし、Hfと他の元素とを含むHf合金を用いてもよい。

【0011】このHf合金としては、Y、Ti、Zr、

Nb、Ta、Rh、Au、Al、Cr、C、O、Nのうちから選ばれる1種または2種以上（以下、添加元素という）を含むものを挙げることができる。Hf合金の具体例としては、Hf-Y、Hf-Ti、Hf-Zr、Hf-Nb、Hf-Ta、Hf-Rh、Hf-Au、Hf-Al、Hf-Cr、Hf-C、Hf-O、Hf-Nを挙げることができる。

【0012】配向制御膜3に、Y、Nb、Ta、Rh、Auのうち1種または2種以上を含むHf合金を用いる場合には、配向制御膜3中における添加元素の含有率は、0.1～10at%（好ましくは0.1～5at%）とするのが好適である。Ti、Zr、Al、Crのうち1種または2種以上を含むHf合金を用いる場合には、配向制御膜3中における添加元素の含有率は、0.1～50at%（好ましくは0.1～30at%）とするのが好適である。Cを含むHf合金を用いる場合には、配向制御膜3中におけるCの含有率は、0.1～30at%（好ましくは0.1～15at%）とするのが好適である。OとNのうち少なくともいずれかを含むHf合金を用いる場合には、配向制御膜3中における添加元素（O、N）の含有率は、40at%以下（好ましくは30at%以下）とするのが好適である。O、Nの含有率は、1at%以上とするのが好ましい。添加元素の含有率が上記範囲を越える場合には、配向制御膜3の配向性が悪化し、垂直磁性膜4の配向性が劣化し、出力特性やノイズ特性に悪影響が及ぶことがある。

【0013】配向制御膜3には、Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物、Bのうちから選ばれる1種または2種以上を含むHf合金を用いることもできる。このHf合金の具体例としては、Hf-SiO₂、Hf-ZrO₂、Hf-TiO₂、Hf-Al₂O₃、Hf-Bを挙げることができる。配向制御膜3中において、上記材料（Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物、Bのうち1種以上）の含有率は、1～50at%（好ましくは1～40at%）とするのが好適である。この含有率が上記範囲を越える場合には、配向制御膜3の配向性が悪化し、垂直磁性膜4の配向性が劣化し、出力特性やノイズ特性に悪影響が及ぶことがある。また、配向制御膜3には、上記添加元素、酸化物、Bだけでなく、配向制御膜3の結晶構造を悪化させない範囲で他の元素を含有する合金を用いることもできる。

【0014】本実施形態の磁気記録媒体において、配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ は、垂直磁性膜4の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2～15度（好ましくは2～10度）の範囲とされている。配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ は、上記範囲未満であると、ノイズ特性の劣化を招く。また $\Delta\theta 50$ が上記範囲を越えると、分解能が低下する。ここでいう $\Delta\theta 50$ とは、当該膜の結晶面の傾き分布を示すものであり、具体的には、膜表面における特定の配向面に関するロッギング曲線のピークの半値幅をいう。 $\Delta\theta 50$ は、数値が小さ

いほど当該膜の結晶配向性が高いということができる。本実施形態において、配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ とは、hcp構造の配向面（0002）に関するものである。

【0015】以下、配向制御膜3表面の $\Delta\theta 50$ を測定する場合を例として、 $\Delta\theta 50$ の測定法を説明する。

（1）ピーク位置決定

図2に示すように、表面側に配向制御膜3が形成されたディスクDに、入射X線21を照射し、回折X線22を回折X線検出器23によって検出する。検出器23の位置は、この検出器23によって検出される回折X線22の入射X線21に対する角度（入射X線21の延長線24に対する回折X線22の角度）が、入射X線21のディスクD表面に対する入射角 θ の2倍、すなわち 2θ となるように設定する。入射X線21を照射する際には、ディスクDの向きを変化させることにより入射X線21の入射角 θ を変化させるとともに、これに連動させて、検出器23の位置を、回折X線22の入射X線21に対する角度が 2θ （すなわち入射X線21の入射角 θ の2倍の角度）を維持するように変化させつつ、回折X線22の強度を検出器23により測定する $\theta-2\theta$ スキャン法を行い、 θ と回折X線22の強度との関係を調べ、回折X線22の強度が最大となるような検出器23の位置を決定する。この検出器位置における回折X線22の入射X線21に対する角度 2θ を、 $2\theta p$ という。得られた角度 $2\theta p$ より、配向制御膜3表面において支配的な結晶面を知ることができる。

【0016】（2）ロッギング曲線の決定

図3に示すように、検出器23を、回折X線22の角度 2θ が $2\theta p$ となった位置に固定し、検出器23を固定した状態で、ディスクDの向きのみを変化させることにより入射X線21の入射角 θ を変化させ、入射角 θ と、検出器23によって検出された回折X線22の強度との関係を示すロッギング曲線を作成する。検出器23の位置を、回折X線22の角度 2θ が $2\theta p$ となった位置に固定するため、ロッギング曲線は、配向制御膜3表面の結晶面のディスクD面に対する傾きの分布を表すものとなる。図4は、ロッギング曲線の例を示すものである。 $\Delta\theta 50$ とは、このロッギング曲線において当該配向面を示すピークの半値幅をいう。

【0017】配向制御膜3の厚さは50nm以下（好ましくは30nm以下）とするのが好適である。この膜厚が上記範囲を越えると、配向制御膜3内で結晶粒の粒径が大きくなり、垂直磁性膜4における磁性粒子が粗大化しやすくなる。また記録再生時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなり、再生信号の分解能が低下し、ノイズ特性が劣化するため好ましくない。配向制御膜3は、薄すぎれば垂直磁性膜4の結晶配向性が劣化するため、厚さが0.1nm以上となるように形成するのが好ましい。配向制御膜3は、hcp構造をとることが好ましい。

【0018】垂直磁性膜4は、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した磁性膜であり、この垂直磁性膜4には、Co合金を用いることが好ましい。例えばCoCrPt合金、CoPt合金、あるいはこれらの合金にTa、Zr、Nb、Cu、Re、Ru、V、Ni、Mn、Ge、Si、B、O、Nなどから選ばれる1種または2種以上の元素を添加した合金を用いることができる。

【0019】垂直磁性膜4は、厚さ方向に均一な単層構造とすることもできるし、遷移金属(Co、Co合金)からなる層と貴金属(Pt、Pd等)からなる層とを積層した多層構造とすることもできる。多層構造とする場合、遷移金属層に用いられるCo合金には、上記CoCrPt系合金やCoPt系合金などを用いることができる。CoCrPt系合金を用いる場合には、垂直磁気異方性を高めるため、Pt含有量を8~24at%とすることがより好ましい。貴金属層の厚さは0.4~1.4nmの範囲とするのが好ましい。この厚さが0.4nmより小さくなると、保磁力H_cや逆磁区核生成磁界が低下するとともにその層厚の設定が難しくなり、1.4nmよりも大きくなると、保磁力が低下する。遷移金属層の厚さは、0.1nm~0.6nm(好ましくは0.1~0.4nm)とするのが好適である。この遷移金属層は、薄すぎれば保磁力H_c、逆磁区核生成磁界が低下するとともに厚さの設定が難しくなり、厚すぎればノイズ特性が悪化する。多層構造型の垂直磁性膜4においては、これら遷移金属層と貴金属層のうちいずれを最上層としてもかまわないが、最下層は貴金属層とするのが好ましい。上記Co合金からなる単層構造型の垂直磁性膜、および多層構造型の垂直磁性膜はいずれも多結晶膜となるが、本発明の磁気記録媒体では、非晶質構造の垂直磁性膜を適用することもできる。具体的には、TbFeCo系合金などの希土類元素を含む合金を用いることができる。

【0020】垂直磁性膜4の厚さは、目的とする再生出力によって適宜最適化すればよいが、単層構造型と多層構造型とのいずれの場合においても、厚すぎる場合には、ノイズ特性が悪化する、分解能が低下する等の問題が起こりやすいため、3~100nmであることが好ましい。垂直磁性膜4は、hcp構造をなすものであることが好ましい。

【0021】この磁気記録媒体では、垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界(-H_n)が0~2500(Oe)とされている。逆磁区核形成磁界(-H_n)が上記範囲未満であると、熱揺らぎ耐性が低下し、上記範囲を越えると、ノイズ特性が悪化する。図5に示すように、逆磁区核形成磁界(-H_n)とは、履歴曲線(MH曲線)において、磁化が飽和した状態(符号c)から外部磁場を減少させる過程で、外部磁場が0となる点aから磁化反転を起こす点bまでの距離(Oe)で表すことができる。なお、逆磁区核形成磁界(-H_n)は、磁化反転を起こ

す点bが、外部磁場が負となる領域にある場合に正の値をとり(図5を参照)、逆に、点bが、外部磁場が正となる領域にある場合に負の値をとる(図6を参照)。逆磁区核形成磁界(-H_n)の測定には、カー効果測定装置または振動式磁気特性測定装置を用いるのが好適である。

【0022】保護膜5は、垂直磁性膜4の腐食を防ぐとともに、磁気ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぎ、かつ磁気ヘッドと媒体の間の潤滑特性を確保するためのもので、従来公知の材料を使用することが可能であり、例えばC、SiO₂、ZrO₂の単一組成、またはこれらを主成分とし他元素を含むものが使用可能である。保護膜5の厚さは、1~10nmの範囲とするのが好ましい。

【0023】潤滑膜6には、パーフルオロポリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸など公知の潤滑剤を使用することができる。その種類および膜厚は、使用される保護膜や潤滑剤の特性に応じて適宜設定することができる。

【0024】上記構成の磁気記録媒体を製造するには、図1に示す基板1上に、スパッタ法などにより軟磁性下地膜2を形成し、次いで、必要に応じてこの軟磁性膜2の表面に酸化処理を施し、次いで配向制御膜3、垂直磁性膜4を順次スパッタ法などにより形成する。次いで、スパッタ法や、CVD法、イオンビーム法等によって保護膜5を形成した後、ディップコーティング法、スピンコート法などにより潤滑膜6を形成する。

【0025】また、軟磁性下地膜2の表面に酸化処理を施す場合には、軟磁性下地膜2を形成した後、軟磁性下地膜2を酸素含有ガスに曝す方法や、軟磁性下地膜2の表面に近い部分を成膜する際のプロセスガス中に酸素を導入する方法を採ることができる。例えば、酸素をアルゴンなどの希ガスで希釈したガス、大気、純酸素に、軟磁性下地膜2の表面を0.1~30秒程度曝す方法を採用することができる。具体的には、10⁻⁴~10⁻⁶Paの真空度に対して10⁻³Pa以上の酸素ガス圧の雰囲気軟磁性下地膜2表面を0.1~30秒間曝すことで、好ましい酸化状態を得ることができる。軟磁性下地膜2を酸素含有ガスに曝す際には、使用する酸素の量、酸素への曝露時間を適宜設定することで酸化の度合いを調節することができる。特に酸素をアルゴン等の希ガスで希釈したガスを用いる場合には、軟磁性下地膜2表面の酸化の度合いの調整が容易になる。軟磁性下地膜2の成膜用のプロセスガスに酸素を導入する場合には、例えば成膜法としてスパッタ法を用い、成膜時間の一部のみ(例えば成膜終了前の1秒間)に、酸素を含有させたプロセスガスを用いてスパッタを行う方法をとることができる。このプロセスガスとしては、例えばアルゴンに酸素を体積率で0.05%~10%程度混合したガスが好適に用いられる。この軟磁性下地膜2の表面酸化によって、軟磁

性下地膜2の最表面の磁気的な揺らぎを抑え、軟磁性下地膜2上に形成される配向制御膜3の結晶粒を微細化してノイズ特性の改善効果を得ることができる。また軟磁性下地膜2表面の酸化部分のバリア層の機能により、軟磁性下地膜2または非磁性基板1から腐食性物質が媒体表面に移動することを抑え、媒体表面の腐食の発生を抑えることができる。

【0026】配向制御膜3に、Hfを用いる場合には、Hfからなるターゲットを用いて、スパッタ法により配向制御膜3を形成することができる。Hf合金を用いる場合には、この合金からなるターゲットを用いて、スパッタ法により配向制御膜3を形成することができる。酸素または窒素を含むHf合金を用いる場合には、酸素または窒素を含むHf合金からなるターゲットを用いて配向制御膜3を形成してもよいし、HfまたはHf合金からなるターゲットを用い、酸素または窒素を含有するプロセスガスをを用いて配向制御膜3を形成してもよい。配向制御膜3に、上記酸化物(Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物)、Bを含むHf合金を用いる場合には、このHf合金からなるターゲットを用いて配向制御膜3を形成することができる。またSi、Zr、Ti、Alのうち1種または2種以上を含むHf合金からなるターゲットを用い、酸素を含有するプロセスガスをを用いることによって、上記酸化物を含むHf合金からなる配向制御膜3を形成することもできる。

【0027】垂直磁性膜4を、単層構造とする場合には、この垂直磁性膜4を構成する材料からなるターゲットを用いて垂直磁性膜4を形成することができる。垂直磁性膜4を、遷移金属層と貴金属層からなる多層構造とする場合には、遷移金属(Co、Co合金)からなる第1のターゲットと、貴金属(Pt、Pd等)からなる第2のターゲットを交互に用いて、それぞれのターゲットの材料を交互にスパッタすることにより垂直磁性膜4を構成する。

【0028】保護膜5の形成方法としては、カーボンターゲットを用いたスパッタ法や、CVD法、イオンビーム法を用いることができる。また、SiO₂やZrO₂のターゲットを用いたRFスパッタ、あるいはSiやZrのターゲットを用い、プロセスガスとして酸素を含むガスをを用いる反応性スパッタによって、SiO₂やZrO₂からなる保護膜5を形成する方法などを適用することができる。CVD法、イオンビーム法を用いる場合には、極めて硬度の高い保護膜5を形成することができ、スパッタ法により形成された保護膜に比べ、その膜厚を大幅に小さくすることが可能となるため、記録再生時のスレーシングロス小さくし、高密度の記録再生を行うことができる。

【0029】本実施形態の磁気記録媒体では、配向制御膜3がHfを含む材料からなり、配向制御膜3のΔθ50が、垂直磁性膜4のΔθ50より小さく、かつ2～15度

の範囲とされ、垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界(－H_n)が0～2500(Oe)とされているので、出力特性およびノイズ特性を高め、しかも優れた熱揺らぎ特性が得られる。

【0030】配向制御膜3にHfを含む材料を用い、そのΔθ50を上記範囲とし、逆磁区核形成磁界(－H_n)を上記範囲とすることによって、優れた磁気特性が得られる理由は、次に示すとおりであると考えられる。すなわち、配向制御膜3のΔθ50が小さ過ぎる場合には、磁性粒子どうしの交換相互作用が大きくなり、ノイズが増大する。一方、配向制御膜3のΔθ50が大き過ぎる場合には、保磁力分散が大きくなるため、分解能の劣化が起きてしまう。これに対し、配向制御膜3のΔθ50を2～15度に設定した場合には、垂直磁性膜4の配向性を良好として保磁力やノイズ特性の低下を抑えることができるようになる。また、垂直磁性膜4において磁化が十分に安定となるため、垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界(－H_n)が、正の値である0～2500(Oe)となるようになる。

【0031】配向制御膜3にHfを用いることによって、優れた磁気特性が得られる理由は、以下の通りであると推察できる。垂直磁性膜4を構成するCo合金と比較して、Hf(またはHf合金)は格子定数が大きいため、配向制御膜3の垂直磁性膜4に対する格子の整合性は低くなる。このため、垂直磁性膜4は、配向制御膜3に対し完全にはエピタキシャル的に成長せず、垂直磁性膜4のΔθ50は配向制御膜3のΔθ50より大きな値となる。垂直磁性膜4における結晶成長は、格子の整合性が低い配向制御膜3の影響下で行われるため、垂直磁性膜4において、磁化容易軸の方向は若干不均一となる。このため、磁化どうしの相互作用(反発力)が小さくなり磁化が安定化し、優れた熱揺らぎ特性が得られる。

【0032】また、Y、Ti、Zr、Nb、Ta、Rh、Au、Al、Cr、C、O、Nを含むHf合金を配向制御膜3に用いる場合には、上記添加元素(Y、Ti等)によって、粒界の形成を促し、結晶粒を微細化し、優れたノイズ特性を得ることができる。

【0033】また、Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物、Bを含むHf合金を用いる場合には、これら酸化物(Si酸化物など)やBがHfに固溶しない性質を有するため、配向制御膜3を形成する際に、膜内で上記酸化物(Si酸化物など)やBが偏析した粒界層が形成されやすくなることから、結晶粒が微細化される。このため、ノイズ特性を向上を図ることができる。

【0034】また、上記磁気記録媒体の製造方法によれば、配向制御膜3を、Hfを含み、配向制御膜3のΔθ50が、垂直磁性膜4のΔθ50より小さく、かつ2～15度の範囲とされ、垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界が0～2500(Oe)とされたものとするので、上述の通り、出力特性およびノイズ特性を悪化させることなく、

優れた熱揺らぎ特性を得ることができる。

【0035】図7に示すように、本発明の磁気記録媒体では、軟磁性下地膜2と配向制御膜3との間に、配向制御下地膜7を設けることができる。配向制御下地膜7は、B2構造をなす材料からなるものとするのが好ましい。B2構造をなす材料としては、NiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCo、AlRu、CoTiのうち1種または2種以上の合金を主成分とするものが使用できる。また、これらの合金にCr、Mo、Si、Mn、W、Nb、Ti、Zr、B、O、N等の元素を添加した材料を用いることもできる。上記2元系合金(NiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCo、AlRu、CoTi)を用いる場合には、この合金を構成する2つの成分の含有率を、いずれも40～60at%（好ましくは45～55at%）とするのが好ましい。配向制御下地膜7の厚さは、30nm以下とするのが好ましい。この厚さが上記範囲を越えると、垂直磁性膜4と軟磁性下地膜2との距離が大きくなり、分解能が低下し、ノイズ特性が劣化する。配向制御下地膜7の厚さは、0.1nm以上とするのが好ましい。配向制御下地膜7を設けることによって、配向制御膜3における結晶配向性の乱れを防ぐことができるようになる。特に、B2構造材料を用いる場合には、配向制御下地膜7における結晶粒径が小さくなるため、配向制御膜3の結晶粒を微細化することができるようになる。

【0036】図8に示すように、本発明の磁気記録媒体では、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間に、非磁性材料からなる非磁性中間膜8を設けることができる。非磁性中間膜8には、Co合金を用いることができる。このCo合金としては、CoCrのほか、Ta、Zr、Nb、Cu、Re、Ru、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれる1種または2種以上の元素をCoCrに添加した合金を用いることができる。またTa、Zr、Nb、Cu、Re、Ru、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれる1種または2種以上の元素と、Coとを含む非磁性のCo合金を用いることもできる。非磁性中間膜8は、厚すぎると垂直磁性膜4と軟磁性下地膜2との距離が大きくなることにより分解能が低下しノイズ特性が悪化するため、20nm以下とするのが好ましく、10nm以下とするのがより好ましい。非磁性中間膜8を設けることによって、垂直磁性膜4の配向性を向上させて保磁力を高めることができる。

【0037】図9に示すように、本発明の磁気記録媒体では、軟磁性下地膜2と基板1との間に、面内磁気異方性を有する硬磁性材料からなる硬磁性膜9と面内下地膜20を設けることもできる。硬磁性膜9に用いられる材料としては、遷移金属と希土類元素との合金からなる磁性材料を用いることが好ましく、具体的にはCoCr合金、CoSm合金を挙げることができる。硬磁性膜9

は、保磁力Hcが1000(Oe)以上（好ましくは2000(Oe)以上）であることが好ましい。硬磁性膜9の厚さは、20～150nm（好ましくは40～70nm）とするのが好ましい。硬磁性膜9は、軟磁性下地膜2が基板半径方向の磁壁を形成しないようにするため、基板中心から放射状の方向に磁化され、硬磁性膜と軟磁性下地膜2が交換結合していることが好ましい。面内下地膜20には、CrまたはCr合金を用いるのが好ましい。面内下地膜20に用いられるCr合金の例としては、CrMo系、CrTi系、CrW系、CrMo系、CrV系、CrSi系、CrNb系の合金を挙げることができる。

【0038】硬磁性膜9を設けることによって、軟磁性下地膜2が形成する巨大な磁区によるスパイクノイズの発生を防ぐことができ、エラーレート特性に優れ、高密度記録が可能な磁気記録媒体を得ることができる。これは、以下の理由による。軟磁性下地膜2は、保磁力が小さく磁化の方向が変わりやすいために、基板1の面内方向に巨大な磁区を形成する。この軟磁性下地膜2中の磁区の境界である磁壁は、スパイクノイズ発生の原因となり、磁気記録媒体のエラーレートを低下させる要因となることがある。硬磁性膜9を軟磁性下地膜2と基板1との間に設けることにより、硬磁性膜9と軟磁性下地膜2を交換結合させ、軟磁性下地膜2の磁化方向を強制的に基板1半径方向に向け、上記巨大磁区が形成されないようにすることができる。このため、スパイクノイズ発生を防ぐことができる。

【0039】図10は、本発明に係る磁気記録再生装置の一例を示す断面構成図である。この図に示す磁気記録再生装置は、上記構成の磁気記録媒体10と、この磁気記録媒体10を回転駆動させる媒体駆動部11と、磁気記録媒体10に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッド12と、磁気ヘッド12を駆動させるヘッド駆動部13と、記録再生信号処理系14とを備えている。記録再生信号系14は、入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド12に送ったり、磁気ヘッド12からの再生信号を処理してデータを出力することができるようになっている。

【0040】磁気ヘッド12としては、単磁極ヘッドを用いることができる。図11は、単磁極ヘッドの一例を示すもので、単磁極ヘッド12は、磁極15と、コイル16とから概略構成されている。磁極15は、幅の狭い主磁極17と幅広の補助磁極18とを有する側面視略コ字状に形成され、主磁極17は、記録時に垂直磁性膜4に印加される磁界を発生し、再生時に垂直磁性膜4からの磁束を検出することができるようになっている。

【0041】単磁極ヘッド12を用いて、磁気記録媒体10への記録を行う際には、主磁極17の先端から発せられた磁束が、垂直磁性膜4を、基板1に対し垂直な方向に磁化させる。この際、磁気記録媒体10には軟磁性

10

20

30

40

50

下地膜2が設けられているため、単磁極ヘッド12の主磁極17からの磁束は、垂直磁性膜4、軟磁性下地膜2を通して補助磁極18に至る閉磁路を形成する。この閉磁路が単磁極ヘッド12と磁気記録媒体10との間に形成されることにより、磁束の出入りの効率が増し、高密度の記録再生が可能になる。なお、軟磁性膜2と補助磁極18との間の磁束は、主磁極17と軟磁性膜2との間の磁束とは逆向きになるが、補助磁極18の面積は主磁極17に比べて十分に広いので、補助磁極18からの磁束密度は十分に小さくなり、この補助磁極18からの磁束により垂直磁性膜4の磁化が影響を受けることはない。また本発明では、磁気ヘッドとして、単磁極ヘッド以外のも、例えば再生部に巨大磁気抵抗(GMR)素子を備えた複合型薄膜磁気記録ヘッドを用いることもできる。

【0042】本実施形態の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体10の配向制御膜3がHfを含み、配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ が、垂直磁性膜4の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2〜15度の範囲とされ、垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界が0〜2500(Oe)とされているので、上述の通り、出力特性およびノイズ特性を高め、しかも優れた熱揺らぎ特性を得ることができる。

【0043】

【実施例】以下、実施例を示して本発明の作用効果を明確にする。

(実施例1〜21) 洗浄済みのガラス基板1(オハラ社製、外径2.5インチ)をDCマグネトロンスパッタ装置(アネルバ社製C-3010)の成膜チャンバ内に收容し、到達真空度 1×10^{-5} Paとなるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板1上に、100℃の温度条件で89at%Co-4at%Zr-7at%Nbからなる軟磁性下地膜2(厚さ100nm)をスパッタ法により形成した。次いで、200℃の温度条件で、軟磁性下地膜2上に、HfまたはHf合金からなる配向

制御膜3をスパッタ法により形成した。Hf合金としては、添加元素(Y、Ti、Zr、Nb、Ta、Rh、Au、Al、Cr、C、O、Nのうち1種)、酸化物(Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物のうち1種)、Bを含むものを用いた。添加元素、酸化物、Bの含有率は表1に示した通りとした(表1中、含有率)。次いで、68at%Co-16at%Cr-14at%Pt-2at%Bからなる垂直磁性膜4(厚さ30nm)を形成した。上記スパッタリング工程においては、成膜用のプロセスガスとしてアルゴンを用い、ガス圧力0.5Paにて成膜を行った。次いで、CVD法によりカーボン保護膜5(厚さ5nm)を形成した。次いで、ディップコーティング法により、パーフルオロポリエーテルからなる潤滑膜6(厚さ2nm)を形成し、磁気記録媒体を得た。

【0044】(比較例1〜3) 配向制御膜に、表1に示す材料を用いて磁気記録媒体を作製した。

【0045】(比較例4) 配向制御膜を形成する際の温度条件を290℃として磁気記録媒体を作製した。

【0046】各磁気記録媒体の配向制御膜3および垂直磁性膜4の $\Delta\theta 50$ をX線回折法により測定した。測定結果を表1に示す。また各磁気記録媒体の磁気特性をGUK社製リードライトアナライザRWA1632、およびスピンスランドS1701MPを用いて測定した。磁気特性の評価には、磁気ヘッドとして単磁極ヘッドを用い、線記録密度10kFCI(S_0)、600kFCI(N)の条件でSNRmの測定を行った。なお S_0 は孤立波形出力を意味し、Nは線記録密度600kFCIにおけるノイズを意味する。再生出力信号は100kFCIの条件で測定した。試験結果を表1に示す。Hcは、磁気記録媒体を基板1に対し垂直な方向に磁化させたときの保磁力を示す。

【0047】

【表1】

	配向制御膜				配向 制御膜 $\Delta\theta 50$ (度)	磁性膜 $\Delta\theta 50$ (度)	-H _n (Oe)	H _c (Oe)	再生 出力 (mV)	SNR _m (dB)
	構成材料	含有 率 (at%)	厚さ (nm)	温度 条件 (℃)						
実施例1	Hf	—	5	200	5.2	6.4	594	3774	2.40	17.32
実施例2	Hf-Y	3	5	200	3.5	4.8	958	3996	2.71	17.70
実施例3	Hf-Ti	20	5	200	3.4	4.8	1859	3966	2.96	18.03
実施例4	Hf-Ti	20	70	200	5.7	6.7	381	3765	2.61	16.77
実施例5	Hf-Zr	20	5	200	3.4	4.5	1470	4187	2.73	17.68
実施例6	Hf-Nb	3	5	200	3.0	4.9	2096	3945	2.88	17.54
実施例7	Hf-Nb	15	5	200	5.5	6.3	652	3501	2.65	16.35
実施例8	Hf-Ta	5	5	200	3.6	4.1	873	4043	2.96	17.70
実施例9	Hf-Kh	3	5	200	4.1	5.2	991	3948	2.73	17.60
実施例10	Hf-Au	5	5	200	3.8	5.4	1085	3900	2.99	17.61
実施例11	Hf-Al	20	5	200	3.2	4.3	1067	4087	2.94	17.58
実施例12	Hf-Cr	10	5	200	3.9	5.6	850	4250	2.76	18.21
実施例13	Hf-Cr	20	5	200	5.9	6.8	480	3728	2.58	16.81
実施例14	Hf-C	10	5	200	3.6	5.4	1213	4231	2.97	17.73
実施例15	Hf-O	10	5	200	4.5	6.0	2182	4156	2.63	18.05
実施例16	Hf-N	10	5	200	4.3	5.9	1544	4262	2.83	17.72
実施例17	Hf-SiO ₂	20	5	200	4.4	5.7	2609	4018	2.62	17.99
実施例18	Hf-ZrO ₂	20	5	200	4.1	5.5	2479	4016	2.66	17.98
実施例19	Hf-TiO ₂	20	5	200	3.9	5.0	1273	4290	2.90	17.83
実施例20	Hf-Al ₂ O ₃	20	5	200	4.6	5.4	2482	4021	2.56	17.86
実施例21	Hf-B	10	5	200	3.7	5.6	1364	4250	2.95	17.6
比較例1	Ti	—	5	200	6.7	6.5	-543	3091	2.15	14.66
比較例2	C	—	5	200	7.8	7.3	-655	1294	2.01	10.49
比較例3	Ni	—	5	200	6.9	6.2	-380	1066	2.19	11.01
比較例4	Hf	—	5	290	17.3	18.6	-557	1002	1.16	10.18

【0048】表1より、配向制御膜3にHfまたはHf合金を用い、 $\Delta\theta 50$ を2～15度とした実施例では、配向制御膜3に他の材料を用いた比較例に比べ、保磁力、再生出力、SNRについて優れた結果が得られたことがわかる。また、配向制御膜3の厚さを50nm以下の範囲とした実施例では、厚さをこの範囲外に設定した実施例に比べ、再生出力やSNRについて優れた結果が得られた。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁気記録媒体にあっては、配向制御膜がHfを含み、配向制御膜の $\Delta\theta 50$ が、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2～15度の範囲とされ、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界が0～2500(Oe)とされているので、出力特性やノイズ特性を悪化させることなく、優れた熱揺らぎ特性が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態を示す一部断面図である。

【図2】 $\Delta\theta 50$ の測定方法を説明する説明図である。

【図3】 $\Delta\theta 50$ の測定方法を説明する説明図である。

【図4】 ロッキング曲線の一部を示すグラフである。

【図5】 履歴曲線の一部を示すグラフである。

【図6】 履歴曲線の他の例を示すグラフである。

【図7】 本発明の磁気記録媒体の他の実施形態を示す一部断面図である。

【図8】 本発明の磁気記録媒体の他の実施形態を示す一部断面図である。

【図9】 本発明の磁気記録媒体の他の実施形態を示す一部断面図である。

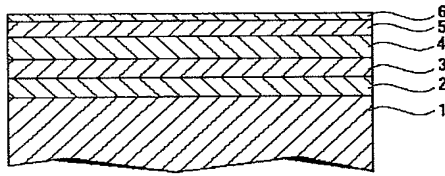
【図10】 本発明の磁気記録再生装置の一部を示す概略構成図である。

【図11】 図10に示す磁気記録再生装置に使用される磁気ヘッドの一部を示す構成図である。

【符号の説明】

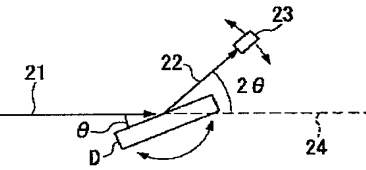
1…非磁性基板、2…軟磁性下地膜、3…配向制御膜、4…垂直磁性膜、5…保護膜、10…磁気記録媒体、12…磁気ヘッド

【図1】

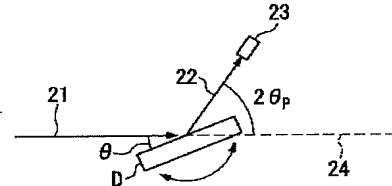


1: 非磁性基板
2: 軟磁性下地膜
3: 配向制御膜
4: 垂直磁性膜
5: 保護膜

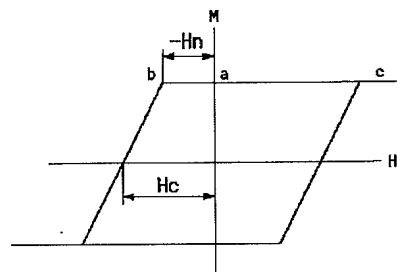
【図2】



【図3】

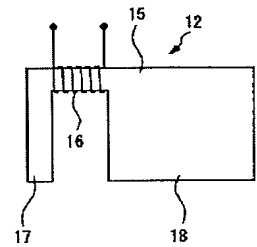


【図5】

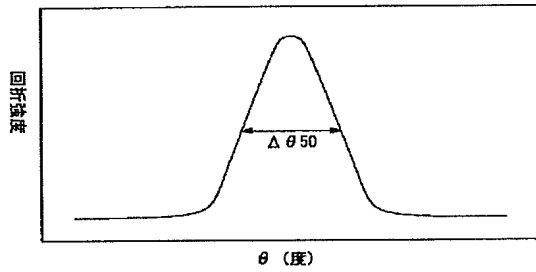


-Hn; 逆磁区核形成磁界

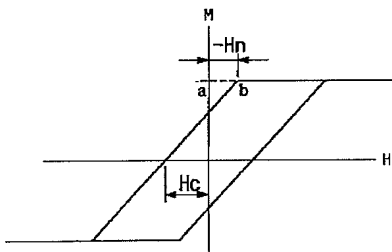
【図11】



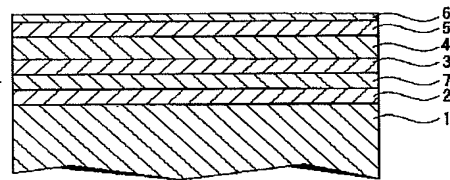
【図4】



【図6】

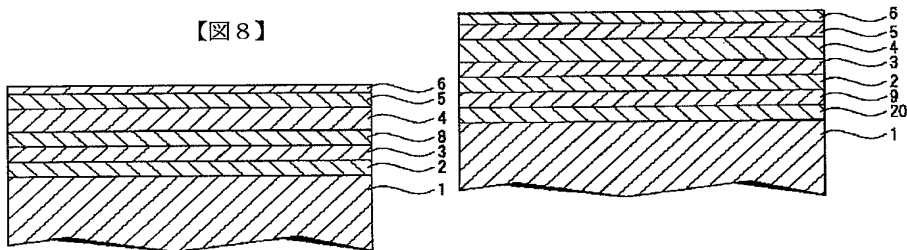


【図7】

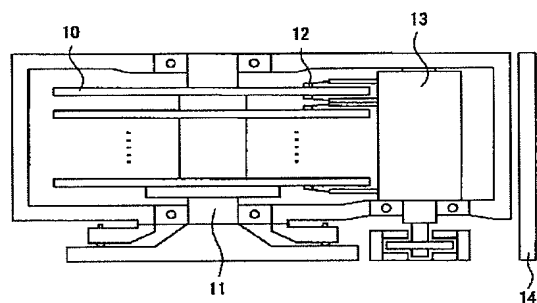


【図9】

【図8】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 坂脇 彰
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電
工エイチ・ディー株式会社内

(72)発明者 楊 輝
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電
工エイチ・ディー株式会社内

(72)発明者 國分 誠人
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電
工エイチ・ディー株式会社内

(72)発明者 酒井 浩志
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電
工エイチ・ディー株式会社内

Fターム(参考) 5D006 BB02 BB07 CA01 CA05 DA03
EA03 FA09
5D112 AA03 AA04 AA24 BD03 FA04